



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	3
Семестр	5

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

29.01.2025, протокол № 6

Зав. кафедрой



С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры АСУ,



Т.Г. Суханосова

Рецензент:

Технический директор ЗАО «КонсОМ СКС»



Е.Ю. Васильев



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у обучающихся способности выполнять абстрактное описание системы или объекта автоматизации в терминах и понятиях теории управления;
- формирование у обучающихся способности решать базовые задачи управления в технических системах с использованием фундаментальных знаний с целью совершенствования в профессиональной деятельности;
- формирование у обучающихся способности осуществлять выбор показателей и средств для оценки эффективности и надежности систем управления;
- формирование у обучающихся способности производить оценку эффективности и надежности систем управления по методикам, разработанным на основе математических методов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Линейные системы управления входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в направление
Математика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Линейные системы управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	
ОПК-3.1	Выполняет абстрактное описание системы или объекта автоматизации в терминах и понятиях теории управления
ОПК-3.2	Решает базовые задачи управления в технических системах с использованием фундаментальных знаний с целью совершенствования в профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	
ОПК-4.1	Осуществляет выбор показателей и средств для оценки эффективности и надежности систем управления.
ОПК-4.2	Производит оценку эффективности и надежности систем управления по методикам, разработанным на основе математических методов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 55 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 1 академический час;
- самостоятельная работа – 89 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Предмет изучения и методы теории управления								
1.1 Классификация систем управления. Общие принципы управления	5	1			2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной материалов по теме	Устный опрос	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
1.2 История развития теории и техники управления		1			4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной материалов по теме	Устный опрос	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		2			6			
2. Математическое описание линейных систем управления								
2.1 Дифференциальные уравнения систем. Передаточные функции. Структурные преобразования передаточных функций	5	1			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос, контрольная работа	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
2.2 Динамически и частотные характеристики элементов и систем управления		2	6		12	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторным	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2

						работам		
2.3 Типовые динамические звенья и их характеристики	5	1	6		12	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
2.4 Описание систем в пространстве состояний		1			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		5	12		36			
3. Устойчивость и качество работы линейных систем управления								
3.1 Устойчивость систем управления. Алгебраические критерии устойчивости	5	1	6		8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
3.2 Частотные критерии устойчивости систем управления. Запасы устойчивости		1			6	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
3.3 Характеристики систем управления. Анализ переходных процессов. Прямые показатели качества		1	6		12	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
3.4 Точность систем автоматического управления в установившемся режиме и при наличии возмущений. Астатические системы		2	4		6	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		5	16		32			
4. Синтез регуляторов линейных систем управления								
4.1 Постановка задачи синтеза системы управления. Типовые законы регулирования	5	2	4		7	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
4.2 Синтез линейных систем управления		4	4		8	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, защита лабораторных работ	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2
Итого по разделу		6	8		15			

Итого за семестр	18	36		89		зао	
Итого по дисциплине	18	36		89		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория автоматического управления» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучения, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Лабораторные и практические занятия проводятся в интерактивной форме с использованием следующих методов интерактивного обучения:

- актуализация познавательной деятельности учащихся путем побуждения к осмыслению логики и последовательности проведения научного исследования, к выделению в нем главных и наиболее существенных этапов; при этом определяется конечная цель исследования, а пути его проведения и формы представления результата обучающийся выбирает сам;

- отсутствие жестко регламентированного порядка выполнения работы по обработке исходных и экспериментальных данных, когда студент оперирует вспомогательной информацией о способах поиска необходимых программных средств, функций, протоколов передачи и обработки данных, что вырабатывает способность к познанию;

- при постановке и анализе результатов исследования для достижения поставленных целей обучающиеся должны делать сравнения, сопоставлять новые факты, приемы использованные другими участниками группы, обращать внимание на причины, вызывающие то или иное явление и быть способными продемонстрировать индивидуальность своего подхода к решению задачи;

- проведение занятий в форме поиска причин допущенных ошибок при проведении исследования, причин несовпадения результатов с полученными другими группами обучающихся, побуждение к стремлению находить и устранять чужие и свои ошибки.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;

- использование электронных учебников по отдельным темам занятий;

- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Д. П. Ким. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 309 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21250-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. с. 1 — URL: <https://urait.ru/bcode/569369/p.1> (дата обращения: 10.04.2025).

2. Гаврилов, А. Н. Средства и системы управления технологическими процессами : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-4584-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206903> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Ягодкина, Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 470 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06483-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450572> (дата обращения: 10.04.2025).

2. Шамшина, И. Г. Теория автоматического управления. Линейные непрерывные системы : учебное пособие / И. Г. Шамшина. — Находка : Дальрыбвтуз, 2022. — 144 с. — ISBN 978-5-88871-760-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/307436> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Салихов, З. Г. Теория автоматического управления: линейные системы : учебное пособие / З. Г. Салихов, И. Т. Кимяев. — Москва : МИСИС, 2012. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116692> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие для вузов / А. А. Первозванский. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 616 с. — ISBN 978-5-507-50669-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/454466> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Хабаров, С. П. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech : учебное пособие / С. П. Хабаров, М. Л. Шилкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-3526-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206594> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. 7. Гайдук, А. Р. Применение программного пакета SimInTech для изучения теории автоматического управления : учебное пособие / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко. — Ростов-на-Дону : ЮФУ, 2021. — 131 с. — ISBN 978-5-9275-3862-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/246992> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Рябчиков, М. Ю. Алгоритмы и способы самонастройки средств регулирования в современных микропроцессорных контроллерах : практикум / М. Ю. Рябчиков, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 136 с. : ил., схемы, табл. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=602.pdf&show=dcatalogues/1/1104154/602.pdf&view=true> (дата обращения: 10.04.2025). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Задачник : учебник для вузов / Д. П. Ким. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 331 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01459-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562019> (дата обращения: 10.04.2025).

3. Жмудь, В. А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim : учебное пособие / В. А. Жмудь. - Новосибирск : НГТУ, 2016. - 124 с. - ISBN 978-5-7782-2103-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/546586> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: по подписке.

4. Емельянов, В. Ю. Теория управления: лабораторный практикум в среде SimInTech : учебное пособие / В. Ю. Емельянов, Ф. В. Митин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2022. — 61 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/382244> (дата обращения: 10.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Scilab Computation Engine	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	https://elibrary.ru/project_risc.asp
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	http://www1.fips.ru/

Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	https://www.nature.com/siteindex

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 437)
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ и практических занятий: компьютерный класс (ауд. 448)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 448)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций (ауд. 448)
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд. 445)
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Линейные системы управления»

По дисциплине «Линейные системы управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных и практических работ, решение индивидуальных задач.

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
№1. Исследование характеристик безынерционного, инерционного звена первого порядка и звена запаздывания	Запишите уравнение динамики звена Запишите передаточную функцию звена Назовите параметры инерционного звена. Как они влияют на вид переходной характеристики звена? Как определить постоянную времени инерционного звена по переходной характеристике? Как определить время запаздывания звена по переходной характеристике? Как определить коэффициент передачи звена по переходной характеристике? Запишите уравнение переходной характеристики звена Как в СИТ сформировать кратковременный импульсный входной сигнал? Что понимается под переходной функцией? Экспериментальное определение переходной функции.
№2. Исследование характеристик инерционного звена второго порядка	Запишите уравнение динамики инерционного звена второго порядка Запишите передаточную функцию инерционного звена второго порядка Назовите параметры звена. Как они влияют на вид переходной характеристики звена? По расположению корней характеристического уравнения изобразите вид переходной характеристики инерционного звена второго порядка. Как определить коэффициент передачи инерционного звена второго порядка по переходной характеристике? Передаточная функция звена $W(p) = 10/(p^2 + p + 1)$. Найдите полюса передаточной функции. Как в СИТ сформировать кратковременный импульсный входной сигнал?

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
	Как определить параметра k, T, ξ передаточной функции колебательного звена по переходной функции?
№3. Исследование характеристик интегрирующего и дифференцирующего звеньев	Запишите уравнение динамики интегрирующего (дифференцирующего) звена. Запишите передаточную функцию интегрирующего (дифференцирующего) звена. Назовите параметры звена. Как они влияют на вид переходной характеристики звена? Как определить постоянную времени интегрирующего (дифференцирующего) звена по переходной характеристике? Передаточная функция звена $W(p) = 10p$. Чему равно время дифференцирования? Передаточная функция звена $W(p) = 10/p$. Запишите переходную функцию звена. Чему будет равно значение выходной величины через 2 секунды, если на вход подать $1(t)$? Запишите передаточную функцию звена, если его весовая функция равна 5.
№4. Исследование частотных характеристик типовых звеньев	Как найти коэффициент усиления в установившемся режиме по АЧХ? Что такое частотная характеристика? Что такое частота среза? Приведите пример вида амплитудных частотных характеристик типовых звеньев САУ. Что такое резонансная частота системы? Как получить выражения частотных характеристик по передаточной функции? Как экспериментально получить частотные характеристики? Нарисуйте годограф КЧХ типового звена.
№5. Исследование статических характеристик элементов и систем автоматического управления	Что понимается под статической характеристикой элемента и как она определяется экспериментально? Что такое передаточный коэффициент линейного элемента? Какие Вы знаете статические характеристики у объекта управления и как их определить экспериментально? Дайте определение для передаточных коэффициентов k_{of} и k_{ou}? Из каких элементов состоит статическая система управления и как следует эти элементы соединить между собой? Из каких элементов состоит астатическая система управления и как следует эти элементы соединить между собой?
№6. Анализ устойчивости линейной	Напишите передаточную функцию системы управления с отрицательной обратной связью, пропорциональным регулятором и моделью объекта из трех инерционных звеньев первого порядка.

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
автоматической системы	Выведите формулы для амплитудной и фазовой частотных характеристик разомкнутой системы с пропорциональным регулятором и инерционным объектом. Как по нормированной АФЧХ разомкнутой системы найти критический передаточный коэффициент. Сформулируйте алгебраический критерий устойчивости Гурвица. Сформулируйте частотный критерий устойчивости Найквиста. Как по передаточной функции разомкнутой системы найти характеристический многочлен замкнутой САУ?
№7. Исследование качества переходных процессов линейной автоматической системы	Какие показатели качества систем автоматического регулирования вы знаете? Как определить перерегулирование по переходной характеристике системы? От каких величин и параметров зависит установившаяся ошибка в системе? Какие критерии использовать для выбора наилучшего переходного процесса в системе? Определите по графику переходного процесса прямые показатели качества.
№8. Анализ статических и динамических ошибок регулирования	Как сформировать ступенчатое, линейное и параболическое входное воздействие? Как на модели реализовать систему с астатизмом нулевого порядка и как она отрабатывает ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? Как на модели реализовать систему с астатизмом первого порядка и как она отрабатывает ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? Как на модели реализовать систему с астатизмом второго порядка и как она отрабатывает ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? Выпишите формулу для расчёта установившейся ошибки. Как она зависит от передаточного коэффициента разомкнутой системы.
№9. Исследование типовых непрерывных законов регулирования	Назовите основные типовые законы регулирования. Запишите уравнение П-, И-, ПИ-, ПД-, ПИД-закона регулирования. Запишите передаточную функцию П-, И-, ПИ-, ПД-, ПИД-закона регулирования. Как влияют параметры настройки K_p, T_i, T_d на качество регулирования в системе? Назовите преимущества и недостатки П-, И-, ПИ-, ПД-, ПИД-закона регулирования. Область применения П-закона регулирования.
№10. Проектирование	Чем следует руководствоваться при выборе вида регулятора и

Перечень лабораторных и практических работ	Вопросы к защите
регулятора для линейной системы	закона регулирования? Перечислите правила, по которым проводится подстройка параметров регулятора в окрестностях оптимального режима. Как вручную настроить регулятор, не имея никакой предварительной информации об области оптимальных значений параметров настройки регулятора? Перечислите основные особенности различного вида приводов. Укажите основные причины необходимости перенастройки средств регулирования. Как расположены корни биномиального характеристического полинома? Как расположены корни характеристического полинома Баттерворта? Приведите примеры характеристических полиномов Ньютона и Баттерворта первого и второго порядков.

Примеры вариантов заданий на самостоятельную работу

Определение математической модели объекта управления и разработка системы автоматического управления с использованием типовых законов управления

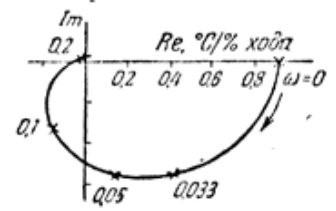
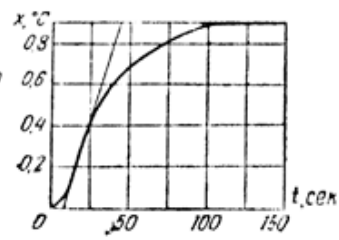
Вид математической модели и экспериментальные данные по переходной функции объекта выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту. При выполнении работы рекомендуется придерживаться следующей последовательности его выполнения:

1. По заданной переходной функции объекта управления определить параметры математической модели первого и второго порядка.
2. Найти интегральное квадратичное отклонение переходных функций построенных по модели, от переходных функций объекта. Выбрать наилучшую модель.
3. По выбранной математической модели объекта построить его АФЧХ. Объект следует представить в виде последовательного соединения типовых звеньев.
4. Исходя из требования настройки на технический оптимум или симметричный оптимум, выбрать закон управления для каждого типа модели и рассчитать параметры настройки регулятора.
5. Выполнить моделирование переходных процессов при использовании регуляторов с найденными параметрами и сравнить качество переходных процессов с типовым.

Образец задания на самостоятельную работу:

Температура в ячейке нагревательного
колодца

$$24.5x'(t) + 34.8x(t) + 1.09x(t) = y(t)$$



Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Линейные системы управления»

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-3: Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности		
ОПК-3.1	Выполняет абстрактное описание системы или объекта автоматизации в терминах и понятиях теории управления	Теоретические вопросы: 1. Что понимается под статической характеристикой элемента и как она определяется экспериментально? 2. Что такое передаточный коэффициент линейного элемента? 3. Какие Вы знаете статические характеристики у объекта управления и как их определить экспериментально? 4. Дайте определение для передаточных коэффициентов k_{oF} и k_{ou}? 5. Из каких элементов состоит статическая система управления и как следует эти элементы соединить между собой? 6. Из каких элементов состоит астатическая система управления и как следует эти элементы соединить между собой? 7. Чем следует руководствоваться при выборе вида регулятора и закона регулирования? 8. Перечислите правила, по которым проводится подстройка параметров регулятора в окрестностях оптимального режима. 9. Как вручную настроить регулятор, не имея никакой предварительной информации об области оптимальных значений параметров настройки регулятора? 10. Перечислите основные особенности различного вида приводов. 11. Укажите основные причины необходимости перенастройки средств регулирования.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		12. Как найти коэффициент усиления в установившемся режиме по АЧХ? 13. Что такое частотная характеристика? 14. Что такое частота среза системы? 15. Приведите пример вида амплитудных частотных характеристик типовых звеньев САУ. 16. Что такое резонансная частота системы? 17. Как получить выражения частотных характеристик по передаточной функции? 18. Как экспериментально получить частотные характеристики? 19. В чем отличие приведения к единице передаточной функции системы и амплитудной характеристики системы? 20. Как сформировать регулятор в системе с прямым разомкнутым управлением? 21. Выведите выражение для расчета параметров интегрального регулятора, управляющего инерционным объектом путем приведения к единице амплитудной характеристики замкнутой системы. Какие допущения при этом следует сделать? 22. Запишите эталонное выражение разомкнутой системы, настроенной на технический оптимум. 23. Запишите эталонное выражение разомкнутой системы, настроенной на симметричный оптимум. 24. Приведите эталонный вид логарифмической амплитудной характеристики системы, настроенной на симметричный оптимум. 25. Приведите пример объекта без самовыравнивания. 26. Как обеспечить приведение передаточной функции системы к эталонному виду? Приведите пример. 27. Как сформировать ступенчатое, линейное и параболическое входное воздействие? 28. Как на модели реализовать систему с астатизмом нулевого порядка и как она обрабатывает ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? 29. Как на модели реализовать систему с астатизмом первого порядка и как она обрабатывает

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? 30. Как на модели реализовать систему с астатизмом второго порядка и как она отрабатывает ступенчатое, линейное и квадратичное входное воздействие? 31. Выпишите формулу для расчёта установившейся ошибки. Как она зависит от передаточного коэффициента разомкнутой системы.
ОПК-3.2	Решает базовые задачи управления в технических системах с использованием фундаментальных знаний с целью совершенствования в профессиональной деятельности	Практические задания: 1. Реализуйте типовые динамические звенья в SimInTech. 2. В среде SimInTech реализуйте систему управления с двумя степенями свободы. 3. С использованием среды SimInTech оцените влияние параметров настройки регулятора на среднее значение квадрата ошибки регулирования в заданном контуре управления. 4. Постройте амплитудную характеристику инерционного звена первого порядка в среде SimInTech. 5. Найдите корни заданного характеристического уравнения в среде SimInTech. 6. Выполните моделирование работы системы управления с интегральным регулятором и передаточной функцией объекта $H(s)=1/(2s+1)$ при действии возмущений в форме белого шума по каналу управления в среде SimInTech. 7. В среде SimInTech выполните ручную настройку ПИД регулятора одним из типовых методов. Объектом является последовательное соединение инерционного звена с постоянной времени 5с и звена запаздывания с постоянной времени 2с. 8. С применением SimInTech настройте модель объекта по заданной переходной характеристике
ОПК-4: Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов		
ОПК-4.1	Осуществляет выбор показателей и средств для	Теоретические вопросы: 1. Что такое характеристическое уравнение?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	оценки эффективности и надежности систем управления	2. Как расположены корни биномиального характеристического полинома? 3. Как расположены корни характеристического полинома Баттерворта? 4. Приведите примеры характеристических полиномов Ньютона и Баттерворта первого и второго порядков. 5. Показатели качества систем с типовыми характеристическими полиномами. 6. Как связаны нормированное и фактическое время переходного процесса? 7. Что такое среднегеометрический корень характеристического полинома? 8. Напишите передаточную функцию системы управления с отрицательной обратной связью, пропорциональным регулятором и моделью объекта из трех инерционных звеньев первого порядка. 9. Выведите формулы для амплитудной и фазовой частотных характеристик разомкнутой системы с пропорциональным регулятором и инерционным объектом. 10. Как по нормированной АФЧХ разомкнутой системы найти критический передаточный коэффициент. 11. Сформулируйте частотный критерий устойчивости Найквиста и алгебраический критерий Гурвица. 12. Как по передаточной функции разомкнутой системы найти характеристический многочлен замкнутой САУ? 13. Что такое модель в пространстве состояний? 14. Что такое нули и полюса передаточной функции?
ОПК-4.2	Производит оценку эффективности и надежности систем управления по методикам, разработанным на основе математических методов	Практические задания: 1. Каково минимальное значение общего коэффициента усиления системы, чтобы относительное значение ошибки регулирования относительно задания не превышало 5%? 2. На входе системы с астатизмом первого порядка и добротностью по скорости $K = 2$ действует линейно-нарастающее воздействие $g(t) = 6t$. Определить величину установившейся ошибки.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		3. Устойчива ли система с характеристическим уравнением $4s^2 + 8s - 1$? 4. Какой вид будет иметь результирующая передаточная функция при последовательном соединении двух звеньев с передаточными функциями $H_1(s)=1/(2s+1)$ и $H_2(s)=s+1$? 5. Передаточная функция разомкнутой системы $W_p = s^2$. Найдите передаточную функцию по ошибке для замкнутой системы с отрицательной обратной связью. 6. Составьте структурную схему модели системы управления инерционным объектом с использованием ПИ-регулятора. 7. Рассчитайте параметры переходного режима на фазовой плоскости при 8. Оцените устойчивость дискретной системы с характеристическим полиномом z^2+2z+1. 9. Для объекта с передаточной функцией $1/((2p+1)*(5p+1))$ выберите оптимальный регулятор с позиции настройки на технический оптимум и составьте структурную схему для реализации регулятора в математическом редакторе. На входе интегрального регулятора с передаточной функцией $1 / (T_{\text{и}}s)$ действует постоянный сигнал $g = 1$. Выход регулятора в начальный момент времени равен нулю. $T_{\text{и}} = 2$. Определить значение выхода регулятора через две секунды.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Линейные системы управления» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по вопросам: 2 теоретических вопроса и 3 задачи.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.